

SISTEM KONTROL AKSES BERBASIS *REAL TIME FACE RECOGNITION* DAN *GENDER INFORMATION*

Putri Nurmala¹; Wikaria Gazali²; Widodo Budiharto³

^{1,2} Mathematics and Statistics Department, School of Computer Science, BINUS University

³ Computer Science Department, School of Computer Science, BINUS University

¹putrinurmala91@gmail.com; ²wikaria@binus.edu; ³wbudiharto@binus.edu

ABSTRACT

Face recognition and gender information is a computer application for automatically identifying or verifying a person's face from a camera to capture a person's face. It is usually used in access control systems and it can be compared to other biometrics such as finger print identification system or iris. Many of face recognition algorithms have been developed in recent years. Face recognition system and gender information in this system based on the Principal Component Analysis method (PCA). Computational method has a simple and fast compared with the use of the method requires a lot of learning, such as artificial neural network. In this access control system, relay used and Arduino controller. In this essay focuses on face recognition and gender - based information in real time using the method of Principal Component Analysis (PCA). The result achieved from the application design is the identification of a person's face with gender using PCA. The results achieved by the application is face recognition system using PCA can obtain good results the 85 % success rate in face recognition with face images that have been tested by a few people and a fairly high degree of accuracy.

Keywords: *face recognition, gender information, real time, PCA, Arduino*

ABSTRAK

Face recognition dan gender information merupakan suatu aplikasi komputer untuk mengidentifikasi wajah secara otomatis atau memverifikasi wajah seseorang dari kamera untuk menangkap wajah seseorang. Hal ini biasanya digunakan dalam sistem kontrol akses dan dapat dibandingkan dengan biometrik lain seperti sistem pengenalan sidik jari atau iris mata. berbagai algoritma face recognition, beserta dengan modifikasinya, telah dikembangkan dalam beberapa tahun terakhir. Pada sistem face recognition dan gender information digunakan metode Principal Component Analysis (PCA). Metode ini mempunyai komputasi yang sederhana dan cepat dibandingkan dengan penggunaan metode yang memerlukan banyak pembelajaran seperti jaringan syaraf tiruan. Pada sistem kontrol akses ini, relay digunakan serta controller Arduino. Dalam penelitian ini, fokus pada face recognition dan gender information berbasis real time dengan menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA). Hasil yang dicapai dari perancangan sistem ini adalah identifikasi wajah seseorang beserta gender menggunakan metode Principal Component Analysis (PCA) dan menggunakan Microcontroller arduino uno sebagai kontrol akses. Hasil yang dicapai oleh aplikasi adalah sistem pengenalan wajah menggunakan PCA dapat memperoleh hasil yang baik yang tingkat keberhasilan 85% dalam pengenalan wajah dengan citra wajah yang telah di uji oleh beberapa orang dan tingkat keakuratan cukup tinggi.

Kata kunci: *face recognition, gender information, real time, PCA, Arduino Uno*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi, kemajuan di bidang pengembangan aplikasi sedang mendapatkan perhatian penting bagi perkembangan teknologi informasi. Salah satu bidang yang sedang berkembang yaitu sistem mengenai pengenalan wajah untuk identifikasi wajah dan informasi *gender*. Pengenalan wajah dan informasi *gender* merupakan sebuah sistem yang digunakan untuk mendeteksi wajah dan menginformasikan *gender*. Pengenalan wajah dan informasi *gender* difungsikan untuk memberikan keakuratan pada sebuah sistem yang digunakan untuk kontrol akses bagi fasilitas yang membutuhkan sistem keamanan. Sistem kontrol akses sangat penting digunakan untuk keamanan. Biasanya sistem pengenalan wajah hanya menggunakan *webcam* sebagai alat pendeteksi nya. Pada saat ini telah dikembangkan dengan menggunakan *microcontroller* arduino uno dapat membantu sebagai kontrol akses *relay* dengan *relay* yang dapat on/off otomatis ketika wajah terdeteksi dengan data yang akurat maka tingkat keakuratannya lebih tepat. Sistem ini dibangun dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis (PCA)*. *Principal Component Analysis (PCA)* adalah salah satu metode pengenalan yang dikembangkan sebagai metode pengenalan wajah dengan hasil tingkat akurasi yang cukup tinggi.

Berdasarkan latar belakang penelitian yang dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan masalah penelitian, yaitu bagaimana mengembangkan sistem keamanan berbasis Pengenalan wajah dengan informasi *gender* serta mengetahui tingkat akurasi sistem tersebut. Selain itu, diperlukan sistem pendeteksian wajah secara *real time* dan otomatis untuk meningkatkan keamanan bagi kontrol akses *relay* yang handal.

Adapun tujuan dari penulisan penelitian ini adalah mengembangkan kontrol akses sistem dan informasi *gender* serta mampu menguji proses pengenalan wajah dan informasi sebagai akses kontrol. Program aplikasi dibuat untuk pengenalan wajah dan informasi *gender* menggunakan metode *Principal Component Analysis (PCA)* sebagai proses pengenalan wajah dan pengenalan pola titik ekstraksi wajah untuk menghasilkan informasi *gender* serta penggunaan mikrokontroler arduino untuk mengaktifkan relay.

METODE

Untuk merancang dan membuat aplikasi maka digunakanlah metode analisis dan metode perancangan aplikasi. Metode analisis terbagi menjadi beberapa langkah diantaranya studi pustaka dan metode analisis. Metode analisis yang digunakan pada penelitian ini adalah mempelajari metode PCA pada implementasinya dengan menggunakan *OpenCV library*. Perancangan algoritma dan struktur program dikembangkan dalam perancangan program aplikasi kontrol akses sistem dan informasi *gender* serta penggunaan mikrokontroler berbasis Arduino.

Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian adalah metode *Waterfall Model*, yaitu: (1) *System Engineering*. Permodelan ini diawali dengan mencari kebutuhan dari keseluruhan sistem yang akan diaplikasikan ke dalam bentuk *software*. Hal ini sangat penting, mengingat *software* harus dapat berinteraksi dengan elemen-elemen yang lain seperti *hardware*, *database*, dan sebagainya. Tahap ini sering disebut dengan *Project Definition*. (2) *Software Requirement Analysis*. Fase ini mengumpulkan kebutuhan secara lengkap dari sistem yang akan dibuat. Kemudian membentuk *user stories* yang akan menggambarkan fitur dan fungsional *software* yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan. (3) *Design*. Tahap ini akan dirancang *user interface* pada sistem serta arsitektur pengkodean dengan menggunakan *design pattern*. *Design pattern* adalah solusi umum yang dapat digunakan dalam permasalahan umum yang sering terjadi pada *software design* dan bersifat *object*

oriented programming. (4) *Coding*. Setelah melakukan perancangan *user interface*, kemudian dilakukan pengkodean dengan menggunakan bahasa pemrograman. Dalam hal ini *coding* dilakukan menggunakan *OpenCV*. (5) *Testing*. Dalam pembuatan program dilakukan juga *testing* untuk memastikan bahwa semua kode berjalan dengan baik dan benar sesuai dengan ketentuan yang ada. Aplikasi dilakukan *testing* untuk memastikan bahwa semuanya berjalan dengan benar. (6) *Maintenance*. Pada fase ini dilakukan pemeliharaan sistem untuk mengatasi setiap masalah-masalah yang terjadi berkenaan dengan sistem. Fase ini berakhir ketika sistem yang dibuat sudah sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisa dari fase awal dan tidak terjadi kesalahan ketika sistem dijalankan. Tahapan ini adalah tahapan akhir dari *waterfall model*, tahapan ini merupakan tahapan untuk melakukan *maintenance* pada aplikasi yang telah dibuat. Tujuannya adalah untuk terus mengoptimalkan kinerja dari aplikasi yang telah dibuat.

Setelah program aplikasi telah selesai dibuat, maka pengujian program akan dilakukan lalu dievaluasi.

Metode Principal Component Analysis (PCA) dan Computer Vision

Computer vision dapat diterapkan pada sistem akses dan robotika (Budiharto, *Modern Robotics with OpenCV*, 2014 dan Szeliski, 2010). Pada penelitian sebelumnya (Budiharto, *The Access Control System Based on Linear Analysis*, 2014), sudah dikembangkan pengembangan kontrol akses berbasis LDA (Eleyan dan Demirel, 2007), namun tidak mampu membedakan gender. Metode yang umum digunakan untuk *face recognition* dapat menggunakan PCA. Adapun perhitungan dari PCA adalah sebagai berikut: Principal Component Analysis (PCA) dikenal juga dengan metode *Karhunen-Loeve Transformation* (KLT). Metode PCA merupakan teknik standar yang digunakan dalam pengenalan pola statistik dan pemrosesan sinyal untuk *data reduction* dan ekstraksi fitur. Sebagai pola *statistical* sering mengandung informasi yang berlebihan, pada pemetaan sebuah vector dapat menyinkronkan reduksi namun sebagian memperbesar instrinsik pola (Eleyan dan Demirel, 2007).

Sebuah gambar wajah dalam 2D dengan ukuran $N \times N$ dapat dianggap sebagai vektor dimensi n^2 . Gambar wajah yang mirip secara keseluruhan konfigurasi tidak akan secara acak didistribusikan dalam ruang gambar yang besar dengan demikian dapat dijelaskan oleh subruang dimensi yang relatif lebih rendah. Pemikiran utama dari prinsip komponen untuk menentukan vektor yang paling cocok untuk distribusi citra wajah dalam keseluruhan ruang gambar vektor. Vektor ini mendefinisikan subruang dari citra wajah, yang kita sebut *face space*. Masing-masing vektor tersebut adalah panjang n^2 , menjelaskan $N \times N$ gambar, dan merupakan kombinasi linear dari gambar wajah aslinya karena vektor ini adalah vektor eigen dari matriks kovarians sesuai dengan gambar wajah aslinya.

PCA memberikan transformasi ortogonal yang disebut juga dengan *eigenimage* yaitu sebuah citra akan direpresentasikan ke dalam bentuk proyeksi linear searah dengan *eigenimage* yang bersesuaian dengan nilai Eigen terbesar dari matriks *covariance*. Dalam prakteknya, matriks *covariance* ini dibangun dari sekumpulan *image training* yang diambil dari berbagai objek. Sebuah citra 2D dengan dimensi kolom dan baris dapat direpresentasikan ke dalam bentuk citra 1D. Dalam penelitian ini ukuran jumlah kolom dan baris pixel citra adalah sama, sehingga nantinya akan terbentuk dimensi n^2 (Turk dan Pentland, 1991).

Misalnya ada sejumlah N individu yang dijadikan sampel. Dari setiap individu diambil P citra, sehingga total citra didalam *training set* adalah:

$$M = N \times P \quad (1)$$

Sejumlah M sampel citra dinyatakan sebagai $\{\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M\}$ didalam sebuah ruang citra n^2 dimensi. Kumpulan citra tersebut dihitung nilai rata-ratanya yang disebut juga sebagai *average face* dengan perhitungan berikut:

$$\psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (2)$$

Setiap nilai citra wajah dikurangi dengan nilai rata-rata membentuk kumpulan vektor menggunakan rumus:

$$\phi_i = \Gamma_i - \psi \quad (3)$$

Kemudian kumpulan vektor yang sangat besar ini kemudian mengikuti pada aturan PCA, vektor tersebut mencari sejumlah M vektor-vektor ortonormal U_k dan nilai Eigen λ_k yang terbaik dalam menggambarkan distribusi dari data tersebut.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (U_k^T \Phi_n)^2 \quad (4)$$

$$\text{nilai maksimumnya } U_I^T U_K = \delta_{IK} = \begin{cases} 1, & \text{if } I = K \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

Vektor-vektor U_k dan nilai-nilai λ_k adalah vektor-vektor Eigen dan nilai-nilai Eigen dari matriks *covariance*

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (5)$$

matriks $A = [\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_M]$

Matriks *covariance* C , yaitu matriks $n^2 \times n^2$ adalah benar matriks simetris. Perhitungan *eigenvector*² dan *eigenvalue* adalah untuk mengkonfersi ukuran images. Memerlukan komputasi yang layak untuk menemukan *eigenvector*. Matriks C diambil vektor-vektor *Eigen* terbaik sebanyak jumlah data. Karena vektor-vektor *Eigen* ini memiliki dimensi yang sama dengan dimensi citra yang asli, maka vektor-vektor ini jika disusun menjadi matriks berukuran $n \times n$ akan membentuk citra yang mirip dengan wajah aslinya.

Eigenvector untuk v_i untuk $A^T A$ adalah

$$A^T A v_i = \mu_i v_i \quad (6)$$

Premultiplying dari A adalah

$$A A^T A v_i = \mu_i A v_i \quad (7)$$

Kita melihat bahwa $A v_i$ adalah *eigenvector* dan μ_i adalah *eigenvalue* dari $C = A A^T$. Setelah analisis ini, membangun $M \times M$ matriks $L = A^T A$ yaitu $L_{mn} = \Phi_m^T \Phi_n$ dan menemukan M *eigenvector*, v_i , dari L

Vektor ini menentukan kombinasi linear dari M untuk membentuk *Eigenfaces*

$$U_I = \sum_{k=1}^M v_{Ik} \Phi_k, \quad I = 1, \dots, M \quad (8)$$

Dengan menganalisis penggunaan PCA sangat mengurangi kalkulasi dari sejumlah piksel di dalam citra N^2 ke urutan jumlah gambar pada training M, *training set* gambar wajah akan relatif kecil ($M \ll N^2$) dan perhitungan menjadi sangat mudah. Eigen yang berhubungan memungkinkan untuk menentukan peringkat eigen *vector* menurut kegunaannya dalam menggambarkan variasi antara gambar. Gambar eigenface dihitung dari vector eigen dari L span dasar yang dapat digunakan untuk menggambarkan citra wajah. Komponen eigenface di proyeksikan dengan operasi sederhana.

$$w_k = U_k^T (\Gamma - \psi) \quad (9)$$

Untuk $k = 1, \dots, M$ membentuk vektor proyeksi

$$\Omega^T = [w_1 w_2 \dots w_M] \quad (10)$$

Masing-masing eigenface dapat mewakili citra wajah. Vektor proyeksi ini kemudian digunakan dalam algoritma pengenalan wajah standar untuk mengidentifikasi dari sejumlah kelas wajah yang ditetapkan. Titik vektor wajah Ω_k dapat dihitung dengan rata-rata hasil representasi *eigenface* atas sejumlah kecil citra wajah masing-masing individu. Klasifikasi dilakukan dengan membandingkan vektor proyeksi gambar wajah pelatihan dengan vektor proyeksi gambar *input* wajah. Perbandingan ini didasarkan pada jarak Euclidean antara kelas wajah dan citra *input* wajah. Hal ini digunakan untuk meminimalkan *Euclidean distance*.

$$\varepsilon_k = \|(\Omega - \Omega_k)\| \quad (11)$$

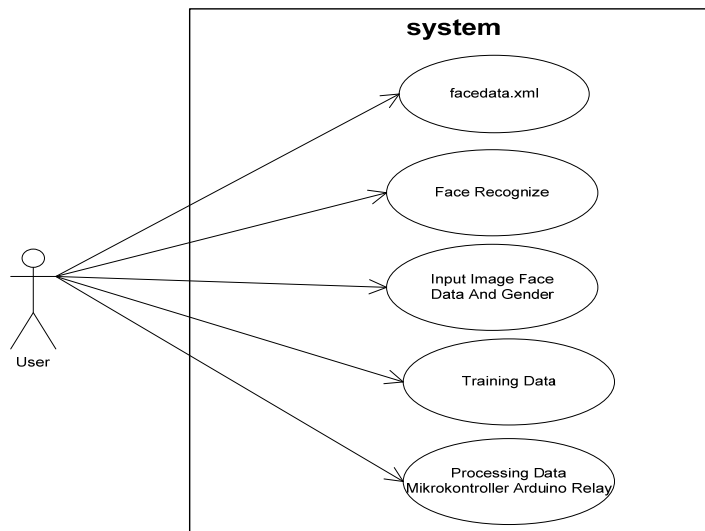
Euclidean Distance

Euclidean distance adalah salah satu metode yang digunakan dalam pengenalan wajah. Metode ini digunakan untuk melakukan perhitungan jarak antara fitur yang ada pada wajah seperti mata, kuping, hidung serta untuk melakukan klasifikasi citra wajah yang baru dengan citra wajah yang telah diketahui. Nilai *Euclidean distance* bisa dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\|x - y\|_e = \sqrt{|x_i - y_i|^2} \quad (12)$$

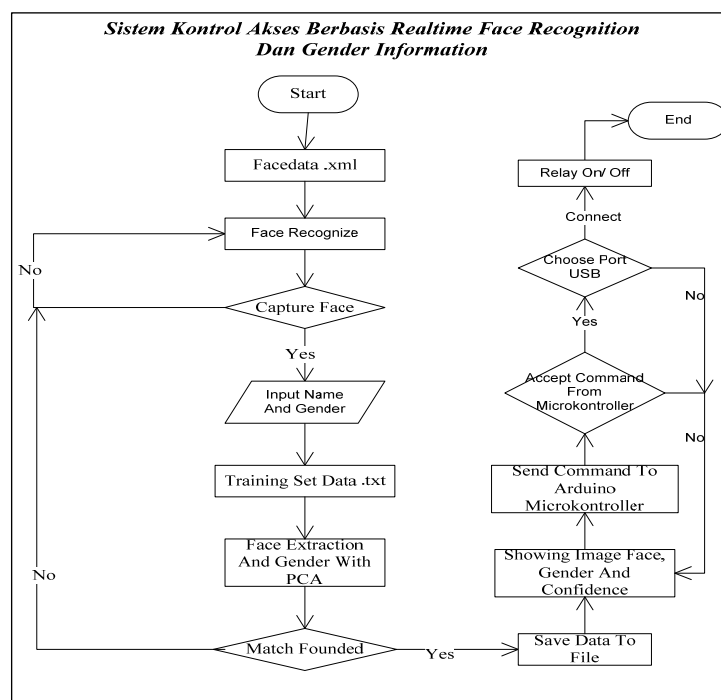
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, maka dibentuklah suatu sistem pengenalan wajah dan informasi gender dengan menggunakan *microcontroller* sebagai kontrol akses *relay*. Adapun usecase diagram yang digunakan sesuai dengan konsep Pressman (2010) dan Sommerville (2011) untuk pembuatan aplikasi adalah sebagai berikut:



Gambar 1 Use Case Diagram sistem

Berikut ini adalah alur flowchart *face recognition*



Gambar 2 Alur Flowchart sistem

Tampilan *Form Relay* yang dikembangkan terdiri dari beberapa komponen yaitu: (1) Port yang dipilih adalah port Com 3 pada menu *combo box* dan klik *connect relay microcontroller* untuk mengaktifkan *relay* secara otomatis ketika pengenalan wajah dikenali pada proses selanjutnya. (2) *Button click disconnect* tidak menemukan *port* pada *relay*. (3) *Box* akan menampilkan nilai biner dari sistem *relay* jika 1 maka On (terdeteksi), jika 0 maka Off (tidak terdeteksi).

Tampilan layar *input* data, setelah proses ditemukan objek wajah maka *user* menekan tombol **n** dan meng-*input* data berupa nama dan *gender*. Setelah data di-*input* maka proses selanjutnya yaitu *training*. Pada saat *training* data, wajah yang terdeteksi adalah wajah secara frontal. Proses *training* data melalui beberapa tahapan *training* yaitu melakukan perhitungan PCA, mengkalkulasi perhitungan *confidence* dari data yang dimasukkan dan menyimpan file dalam *train.txt* setelah dilakukan *training* data dan perhitungan menggunakan metode PCA. Gambar 1 menampilkan hasil pengenalan wajah dan *gender*:



Gambar 3 Hasil *face and gender recognition* untuk menghidup/matikan *relay*

Pada tampilan hasil akhir sistem ini menghasilkan sebuah deteksi wajah, nama, *gender* yang telah di-*input* sebelumnya serta tingkat keakurasian data.



Gambar 4 Tampilan *Relay On* pada *microcontroller*

Pada *relay* akan tampil *relay on* jika terdeteksi dan lampu *relay* akan menyala. Data diterima dengan baik, kamera mendeteksi dengan tepat maka terdeteksi selanjutnya *relay* akan menyala seperti gambar di atas.



Gambar 5 *Display Wajah Tidak Terdeteksi*

Tampilan wajah tidak terdeteksi oleh *webcam* maka, *webcam* tidak mendapat gambar objek wajah.



Gambar 6 Tampilan *Relay Off*





Tampilan *relay* ketika tidak menemukan objek wajah, maka *relay* akan mati/off. Tabel 1 menampilkan evaluasi testing set:

Tabel 1 Evaluasi *Testing Set*

Testing Set	Time (Second)	Accuracy
15	8	93 %
20	12	96%
25	20	98%

Tabel 2 Menampilkan Hasil Evaluasi *Training Data* dengan *Test Data*.

Tabel 2 Evaluasi *Training data* .pgm

Hasil Training					Label	Nama
					1	Fikar
					2	Sujono
					3	Limbong
					4	Putri

SIMPULAN

Aplikasi ini dapat membantu proses peningkatan keamanan dalam mendapatkan informasi identitas seseorang dengan mendeteksi wajah. Aplikasi membantu petugas keamanan dalam menjaga dan meningkatkan keamanan serta mengurangi tindakan pemalsuan identitas. Metode Principal Component Analysis memiliki tingkat akurasi rata-rata di atas 75%. Kesalahan dalam melakukan pengenalan dapat terjadi karena kemiripan antara dua wajah atau citra wajah yang berbeda. *Relay* bekerja dengan baik sehingga keakuratan sistem berfungsi dengan baik. Metode Principal Component Analysis, Nearest Neighbor, Haar Cascade Classifier, dan lain-lain yang digunakan memiliki keterkaitan yang baik. Sistem ini hanya mengenali bentuk rupa wajah secara standar. Nilai akurasi mencapai 98 %, di mana cukup memuaskan untuk dapat diterapkan pada kehidupan nyata.

Adapun saran mengenai keterbatasan akan perancangan sistem ini jika akan digunakan sebagai bahan penelitian atau perancangan lebih lanjut adalah: (1) Menggunakan program perancangan lain, misalnya seperti Visual Studio C#. (2) Menggunakan *Graphic User Interface* (GUI) yang lebih menarik dan mudah dipahami oleh orang lain sehingga lebih *user friendly*. (3) Menggunakan fitur-fitur yang lebih kompleks dan detail, bukan saja deteksi wajah dan gender, melainkan juga mengenali kornea mata, suara dan foto. (4) Menggunakan *database* sehingga data yang disimpan bisa dalam jumlah yang banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiharto, W. (2014). *Modern Robotics with OpenCV*. Jakarta: Science Publishing Group.
- Budiharto, W. (2014). The Access Control System Based On Linear Discriminant Analysis. *Journal of Computer Science*, 10(3), 453-457.
- Eleyan, A., Demirel, H. (2007). *PCA and LDA Based Neural Networks for Human Face Recognition*. Face Recognition. Austria: Intech.
- Pressman, R. S. (2010). *Software Engineering: A Practitioner's Approach 7th Edition*. New York: McGraw-Hill Higher Education.
- Sommerville, I. (2011). *Software Engineering (9th ed.)*. Pearson.
- Szeliski, R. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Washington: Springer.
- Turk, M. and Pentland, A. (1991). Eigenfaces for Recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 3.